

METHOD OF FORMING POROUS SILICON AND OPTICAL SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME

Patent Number: JP7230983
Publication date: 1995-08-29
Inventor(s): NARUI HIRONOBU
Applicant(s):: SONY CORP
Requested Patent: ☐ JP7230983
Application Number: JP19940041957 19940215
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/3063 ; H01L31/04 ; H01L33/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To improve an optical semiconductor device in light emission performance and photoelectric conversion properties by a method wherein porous silicon enhanced in photoluminescent intensity and lessened in deterioration of photoluminescent intensity with time is used for manufacturing the optical semiconductor device.

CONSTITUTION:A silicon substrate 21 and an electrode 31 are disposed in an electrolytic solution 21 confronting each other, currents different in polarity are alternately applied to the silicon substrate 21 and the electrode 31 to oxidize the surface of the silicon substrate 21 for the formation of a porous silicon layer 22. An optical semiconductor device formed of a light emitting diode or a solar cell is possessed of a Schottky junction of a porous silicon layer with a metal electrode or a P-N junction formed in the porous silicon layer.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-230983

(43) 公開日 平成7年(1995) 8月29日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3063

31/04

33/00

A

7376-4M

H 0 1 L 21/ 306

L

31/ 04

A

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平6-41957

(22) 出願日

平成6年(1994) 2月15日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 成井 啓修

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

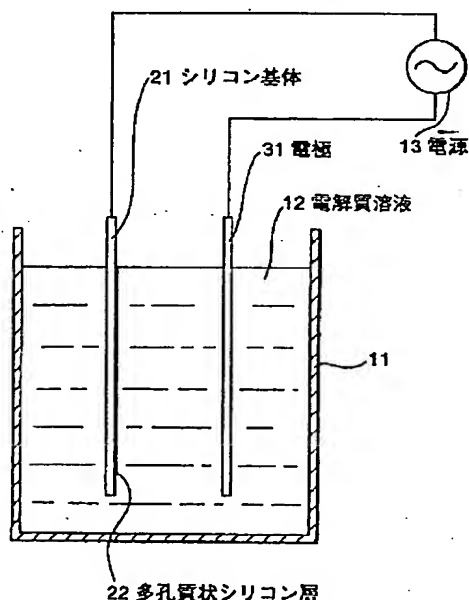
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 多孔質状シリコンの形成方法およびその多孔質状シリコンを用いた光半導体装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、多孔質状シリコンのフォトルミネッセンス強度の向上とその時間経過による減少の低減を図り、その多孔質状シリコンを用いることで光半導体装置の発光性能および光電変換性能の向上を図る。

【構成】 電解質溶液12中に、シリコン基体21と電極31とを対向させて配置し、次いでシリコン基体21と電極31とに極性の異なる電流を交互に印加して、当該シリコン基体21の表面を酸化させて多孔質状シリコン層22を形成する。図示はしないが、発光ダイオードまたは太陽電池からなる光半導体装置は、上記多孔質状シリコン層と金属電極とのショットキー接合または多孔質状シリコン層内に形成したp n接合を有する。



多孔質状シリコンの形成装置の概略構成図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電解質溶液中に、シリコン基体と電極とを対向させて配置し、前記シリコン基体と当該電極とに極性の異なる電圧を交互に印加して、当該シリコン基体の表面を酸化させて多孔質状シリコン層を形成することを特徴とする多孔質状シリコンの形成方法。

【請求項2】 請求項1記載の多孔質状シリコンの形成方法において、前記極性の異なる電圧を交互に印加することは、交流電圧を印加することであることを特徴とする多孔質状シリコンの形成方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載の多孔質状シリコンの形成方法において、前記シリコン基体は、p型およびn型のうちのいずれか一方または両方の導電型を有し、かつ単結晶シリコン、多結晶シリコンまたは非晶質シリコンからなることを特徴とする多孔質状シリコンの形成方法。

【請求項4】 請求項1、請求項2または請求項3記載の多孔質状シリコンの形成方法において、前記電解質溶液は少なくともフッ酸を含むものであることを特徴とする多孔質状シリコンの形成方法。

【請求項5】 シリコン基体と、請求項1～請求項4のうちのいずれか1項に記載の多孔質状シリコンの形成方法によって、前記シリコン基体の表面に形成した多孔質状シリコン層と、金属からなるもので前記多孔質状シリコン層の表面に形成した第1電極と、前記シリコン基体の裏面に形成した第2電極とからなることを特徴とする多孔質状シリコンを用いた光半導体装置。

【請求項6】 シリコン基体と、請求項1～請求項4のうちのいずれか1項に記載の多孔質状シリコンの形成方法によって前記シリコン基体の表面に形成した多孔質状シリコン層であって、当該多孔質状シリコン層の上層からなる第1導電型の第1多孔質層と、前記多孔質状シリコン層の下層からなるもので、前記第1導電型とは反対の第2導電型の極性を有し、前記第1多孔質層に接合する第2多孔質層と、前記第1多孔質層の表面に形成した第1電極と、前記シリコン基体の裏面に形成した第2電極とからなることを特徴とする多孔質状シリコンを用いた光半導体装置。

【請求項7】 請求項6記載の光半導体装置において、前記シリコン基体の上層は、前記多孔質状シリコン層に接合する第1導電型の第1シリコン層からなり、前記シリコン基体の下層は、前記第1シリコン層に接合する第2導電型の第2シリコン層からなることを特徴とする多孔質状シリコンを用いた光半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、多孔質状シリコンの形成方法およびその多孔質状シリコンを用いた光半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の発光デバイスには直接遷移型の半導体を主に用いている。近年では、直流を印加して陽極酸化を行うことで多孔質状シリコンを形成する方法が提案されている。この方法は、フッ酸系の溶液中に、シリコン基体と電極とを対向させて配置する。次いでシリコン基体に陽極(+)を接続し、電極に陰極(-)を接続して、5Vの直流電圧を印加する。そして、シリコン基体の表面を酸化させて多孔質状シリコン層を形成する。さらに多孔質状シリコン層のフォトルミネッセンス強度を高めるために、酸化時に光照射を行う。この光照射は、例えばキセノンランプ(放射照度: 100mW/cm²程度)を用いて行う。

【0003】 また上記方法で形成した多孔質状シリコン層を用いて形成した光デバイスでは、フォトルミネッセンスを測定することによって、可視光の発光が確認されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記多孔質状シリコンの形成方法では、光照射を行わないと、フォトルミネッセンス強度が非常に弱い。またp型シリコン基体を陽極酸化した場合には、十分に発光する多孔質状シリコン層が得られるが、n型シリコン基体を陽極酸化する場合には、光照射を行わなければ十分に発光する多孔質状シリコン層を得ることはできない。またフォトルミネッセンス測定で、多孔質状シリコン層にレーザ光を照射しても、多孔質状シリコン層からの発光強度は時間とともに大幅に減少する。

【0005】 本発明は、フォトルミネッセンス強度の向上に優れ、時間経過によるフォトルミネッセンス強度の減少を抑えるのに優れた多孔質状シリコンの形成方法を提案するとともに、その多孔質状シリコンを用いることで、発光性能または光電変換性能の向上を図った光半導体装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記目的を達成するためになされた多孔質状シリコンの形成方法およびその多孔質状シリコンを用いた光半導体装置である。

【0007】 すなわち、多孔質状シリコンの形成方法としては、電解質溶液中に、シリコン基体と電極とを対向させて配置し、次いでシリコン基体と電極とに極性の異なる電圧を交互に印加して、当該シリコン基体の表面を酸化させて多孔質状シリコン層を形成する。

【0008】 多孔質状シリコンを用いた光半導体装置としては、シリコン基体と、上記多孔質状シリコンの形成

方法によって上記シリコン基体の表面に形成した多孔質状シリコン層と、金属からなるもので多孔質状シリコン層の表面に形成した第1電極と、シリコン基体の裏面に形成した第2電極とからなるものである。

【0009】さらに多孔質状シリコンを用いた光半導体装置としては、以下のような構成のものがある。すなわち、シリコン基体があり、上記多孔質状シリコンの形成方法によって当該シリコン基体の表面には多孔質状シリコン層が形成されている。この多孔質状シリコン層の上層は第1導電型の第1多孔質層になっている。また同多孔質状シリコン層の下層は、第1導電型とは反対の第2導電型の極性を有しかつ第1多孔質層に接合する第2多孔質層になっている。そして第1多孔質層の表面には第1電極が形成されていて、シリコン基体の裏面側には第2電極が形成されている。また上記光半導体装置は、シリコン基体の上層が多孔質状シリコン層に接合する第1導電型の第1シリコン層からなり、同シリコン基体の下層が第1シリコン層に接合する第2導電型の第2シリコン層からなるものでもよい。

【0010】

【作用】上記多孔質状シリコンの形成方法では、電解質溶液中にシリコン基体と電極とを対向させて配置し、シリコン基体と電極とに極性の異なる電圧を交互に印加することから、シリコン基体の表面が多孔質状シリコン層になる。ここで本発明の多孔質状シリコン層と直流電圧を印加してシリコン基体の表面を陽極酸化することで形成した従来の多孔質状シリコン層とを比較する。励起光としてアルゴンレーザ光を照射した場合、可視光領域におけるフォトルミネッセンス強度は、本発明の多孔質状シリコン層のほうが強いことが実証されている。またフォトルミネッセンス強度の時間的減衰は、本発明の多孔質状シリコン層のほうが小さいことが実証されている。

【0011】上記光半導体装置では、上記多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層とその表面に形成した金属からなる第1電極とでショットキー接合が形成される。一方、上記多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層の上層に第1導電型の第1多孔質層を設け、同下層に第1多孔質層に接合する第2導電型の第2多孔質層を形成したことから、第1多孔質層と第2多孔質層とでpn接合が形成される。したがって、いずれのものでも、第1、第2電極に電圧を印加すれば発光ダイオードとして発光し、光を受ければ光起電力効果によって電流を発生する。上記発光ダイオードとして機能するものでは、上記多孔質状シリコンの形成方法によって生成した多孔質状シリコン層でショットキー接合を形成したので、発光強度が高められるとともに、発光強度の時間経過による低下が少なくなる。上記太陽電池として機能するものでは、多孔質状シリコン層で短波長領域の光を吸収し、シリコン基体で長波長領域の光を吸収する。したがって、

太陽光は効率よく吸収され光電変換される。

【0012】

【実施例】本発明の多孔質状シリコンの形成方法に関する一実施例を、図1に示す多孔質状シリコンの形成装置の概略構成図および図2に示す電流の印加方法のタイムチャート図によって説明する。

【0013】図に示すように、容器11の内部には、電解質溶液12が溜められている。この電解質溶液12中には、シリコン基体21と電極31とが対向した状態で配置されている。上記電解質溶液12には、少なくともフッ酸を含むものであり、例えば、フッ酸(HF):水(H₂O):エチルアルコール(C₂H₅OH)との混合液を用いる。その混合比は、例えば、フッ酸:水:エチルアルコール=1:2:1に設定される。この混合比は1:2:1に限定されることはなく、1:1~100:1~100の範囲で適宜選択される。また電解質溶液12は、少なくともフッ酸が含まれる溶液であればよい。例えば、フッ酸とエチルアルコールの混合液であってもよい。または混合液に限定されることはなく、例えば20%~50%程度の濃度のフッ酸のみであってもよい。

【0014】また上記シリコン基体21は、例えば、p型およびn型のうちのいずれか一方または両方の導電型を有し、単結晶シリコン、多結晶シリコンまたは非晶質シリコンからなる。また上記電極31は、例えば、プラチニウム(Pt)、炭素(C)またはシリコン(Si)からなる。

【0015】さらに上記シリコン基体21と上記電極31とは、電源13が接続されている。この電源13は、極性の異なる電圧を交互に発生するものであって、例えば交流電源からなる。

【0016】そして上記電源13から上記シリコン基体21と電極31とに極性の異なる電圧を交互に印加する。その方法の一例を、図2によって説明する。図の縦軸は、印加電圧を示し、横軸は時間を示す。図に示すような、電圧が±5V、パルス幅が1ms、周波数が500Hzのパルス状の交流を印加する。そして当該シリコン基体21の表面を酸化させて多孔質状シリコン層22を形成する。

【0017】上記交流の印加条件は、上記条件に限定されることはない。例えば、図3の(1)に示すように、正弦波交流であってもよい。もしくは図示しないが2相交流または3相交流であってもよい。または図3の(2)に示すように、周期的に電圧は印加されるが、正(+)電圧の印加時間と負(-)電圧の印加時間とが異なってもよい。または図3の(3)に示すように、周期的ではなく、かつ正(+)電圧の印加時間と負(-)電圧の印加時間とが異なって印加されてもよい。または図3の(4)に示すように、印加される正(+)電圧の絶対値と負(-)電圧の絶対値とが異なっていて

もよい。また図示はしないが、正 (+) 電圧を印加している状態と負 (-) 電圧を印加している状態との間に電圧を印加しない状態があってもよい。上記事例は一例であって、少なくとも正電圧と負電圧とが交互に印加されていけばよい。このように、電圧の印加方法は、種々の方法があるので、シリコン基体 2 1 の導電型、比抵抗、電解質溶液 1 2 の成分、濃度によって適宜選択される。例えば、種々の条件で実験を行って最適条件を見出す。

【0018】次に、上記多孔質状シリコンの形成方法によって形成した多孔質状シリコンのフォトルミネッセンス強度と波長との関係を、図 4 のフォトルミネッセンススペクトル図によって説明する。図では、縦軸にフォトルミネッセンス強度を示し、横軸に波長を示す。また、図中の実線で示すフォトルミネッセンススペクトルを持つ多孔質状シリコンは、シリコン基体に n 型単結晶シリコンを用い、電極に白金 (Pt) を用いて、上記図 2 で説明したような交流を印加することで、シリコン基体の表面に形成されたものである。一方、図中の破線で示すフォトルミネッセンススペクトルを持つ多孔質状シリコンは、シリコン基体に n 型単結晶シリコンを用い、電極に白金 (Pt) を用いて、前記従来例で説明したように直流電圧を印加し、かつ光照射を行って形成されたものである。なお、フォトルミネッセンススペクトルを測定する際の励起光にはアルゴンレーザ光を用いている。

【0019】図に示すように、交流印加によって形成した多孔質状シリコンのフォトルミネッセンススペクトル L_{ac} (実線) は、直流を印加しかつ光照射して形成した多孔質状シリコンのフォトルミネッセンススペクトル L_{dc} (破線) に対して、450nm~750nm の波長領域では高い強度を有する。例えば、波長が 650nm 付近では、フォトルミネッセンススペクトル L_{ac} の強度はフォトルミネッセンススペクトル L_{dc} の強度のおよそ 1.5 倍になっている。

【0020】次にフォトルミネッセンス強度と時間との関係を、図 5 のフォトルミネッセンス強度の時間依存性図によって説明する。図では、縦軸にフォトルミネッセンス強度を示し、横軸に時間を示す。また、図中の実線で示すフォトルミネッセンススペクトルを持つ多孔質状シリコンおよび図中の破線で示すフォトルミネッセンススペクトルを持つ多孔質状シリコンは、上記図 4 で説明したものと同じのものである。

【0021】図に示すように、交流印加によって形成した多孔質状シリコンのフォトルミネッセンススペクトル L_{ac} (実線) は、直流印加と光照射とによって形成した多孔質状シリコンのフォトルミネッセンススペクトル L_{dc} (破線) よりも経過時間によるフォトルミネッセンス強度 (以下強度と記す) の低下が少ない。例えば、1 分後で比較すると、交流印加で形成したものの強度はおおよそ 17% 低下し、直流印加と光照射とによって形成したものの強度はおおよそ 34% 低下する。さらに 5 分後で比

較すると、交流印加で形成したものの強度はおおよそ 31% 低下し、直流印加と光照射とによって形成したものの強度はおおよそ 50% 低下する。

【0022】さらに上記多孔質状シリコン層の形成方法では、極性の異なる電圧を交互に印加するのを交流電圧を印加することによって行うことから、通常の交流電源を用いて所望の多孔質状シリコン層が形成される。また上記シリコン基体は、p 型および n 型のうちのいずれか一方または両方の導電型を有し、かつ単結晶シリコン、多結晶シリコンまたは非晶質シリコンからなることから、多孔質状シリコン層は、シリコン基体を酸化した領域の導電型と同一の導電型になり、かつシリコン基体の結晶構造によらず形成される。また上記電解質溶液は少なくともフッ酸を含むものであることから、高い電気伝導性が得られ、かつシリコン基体の表面の酸化が促進されて多孔質状になる。

【0023】次に、上記図 1 で説明した多孔質状シリコンの形成方法によって形成した多孔質状シリコンを用いた光半導体装置の一例として発光ダイオードを、図 6 の発光ダイオードの概略構成図によって説明する。図では、一例としてショットキー型の発光ダイオードを示す。また図に示す構成部品のうち、上記図 1 で説明したのと同様のものには同一符号を付す。

【0024】図に示すように、発光ダイオード 1 は以下のような構成をなしている。すなわち、シリコン基体 2 1 の表面には、本発明の多孔質状シリコンの形成方法によって形成した多孔質状シリコン層 2 2 が形成されている。この多孔質状シリコン層 2 2 の表面には金属からなる第 1 電極 4 1 が形成されている。またシリコン基体 2 1 の裏面には第 2 電極 4 2 が形成されている。

【0025】上記シリコン基体 2 1 は、n 型または p 型の導電型を持つ単結晶シリコンからなる。そしてシリコン基体 2 1 は、多結晶シリコンまたは非晶質シリコンであってもよい。また上記第 1 電極 4 1 は、例えば上記多孔質状シリコン 2 2 とショットキー接合を成す金属であればよく、例えば金 (Au) 薄膜からなる。上記第 2 電極 4 2 は、例えば、金属、合金または金属シリサイドからなる。金属としては、アルミニウム、銅、金または高融点金属 (チタン、タングステン、モリブデン、クロム、白金等) があり、合金としては上記金属の合金があり、金属シリサイドとしては上記金属のシリサイドがある。

【0026】また、上記第 1 電極 4 1 には、例えば直流電源 5 1 の負 (-) 極側が接続され、上記第 2 電極 4 2 には、例えば当該直流電源 5 1 の正 (+) 極側が接続されている。なお直流電源 5 1 の接続は逆であってもよい。または、交流電源を接続してもよい。

【0027】上記発光ダイオード 1 では、多孔質状シリコン層 2 2 とその表面に形成した金属からなる第 1 電極 4 1 とでショットキー接合が形成される。このため、例

えば第1電極41と第2電極42とに電圧を印加すると、当該発光ダイオード1は室温の状態で安定した橙色に発光する。そして、従来の陽極酸化によって形成した多孔質状シリコン層を用いた発光ダイオードよりも発光強度が強く、かつフォトルミネッセンス強度の時間経過による減少は少ない。

【0028】また図示はしないが、上記図6で説明した発光ダイオード1において、第1電極(41)を半透明金属系薄膜〔例えば、インジウム酸化スズ(ITO)薄膜〕で形成したものは、ショットキー接合の太陽電池になる。この構成においては、多孔質状シリコン層(22)、シリコン基体(21)、第2電極(42)は上記図6で説明したのと同様の構成である。よって、これらの説明は省略する。

【0029】次に、上記図1で説明した多孔質状シリコンの形成方法によって形成した多孔質状シリコンを用いた光半導体装置の一例として、太陽電池を図7の太陽電池の概略構成図によって説明する。図では、一例としてpn接合型の太陽電池を示す。

【0030】図に示すように、太陽電池2は以下の様な構成になっている。すなわち、前記説明した多孔質状シリコンの形成方法によって、シリコン基体21の表面には多孔質状シリコン層22が形成されている。この多孔質状シリコン層22の上層は第1導電型(例えばn型)の第1多孔質層61になっていて、当該多孔質状シリコン層22の下層は上記第1多孔質層61に接合した第2導電型(例えばp型)の第2多孔質層62になっている。また上記シリコン基体21は、第2導電型の不純物が導入されている単結晶シリコンからなる。または上記シリコン基体21は、第2導電型の不純物が導入されている多結晶シリコンまたは非晶質シリコンであってもよい。上記説明では、第1導電型をn型、第2導電型をp型としたが、第1導電型をp型、第2導電型をn型としてもよい。

【0031】さらに上記多孔質状シリコン層22の表面には、櫛形に形成された第1電極43が設けられている。またシリコン基体21の裏面には第2電極44が形成されている。上記第1、第2電極43、44は、例えば金属、合金または金属シリサイドからなる。金属としてはアルミニウム、銅、金または高融点金属(チタン、タングステン、モリブデン、クロム、白金等)が用いられ、合金としては上記金属の合金が用いられ、金属シリサイドとしては上記金属のシリサイドが用いられる。

【0032】上記太陽電池2では、上記図1に示した多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層22の上層に第1導電型の第1多孔質層61を設け、同下層に第1多孔質層61に接合する第2導電型の第2多孔質層62を形成したことから、第1多孔質層61と第2多孔質層62とでpn接合が形成される。したがって、光を受ければ光起電力効果によって電圧が

発生する。その際、多孔質状シリコン層22で短波長領域の光を吸収し、シリコン基体21で長波長領域の光を吸収する。したがって、太陽光は効率よく吸収されるので、高効率の太陽電池になる。

【0033】また図8に示すように、太陽電池3は、上記図7で説明した太陽電池2と同様に、第2電極44、シリコン基体21、多孔質状シリコン層22が順に積層されている。そして多孔質状シリコン層22の表面には、インジウム酸化スズ薄膜からなる第1電極45が形成されている。このインジウム酸化スズ薄膜は、太陽光を透過性する性質を有している。

【0034】第1電極45がインジウム酸化スズ薄膜から形成されていることから、第1電極45は太陽光を透過する。したがって、第1電極41を多孔質状シリコン層22の表面の全面にわたって形成しても、太陽光を遮らない。このため、太陽電池(2)よりも受光量が多くなるので、効率的に光電変換が行える。また、太陽電池(2)で得られたのと同様の作用も得られる。

【0035】なお、上記図7、図8で説明した太陽電池の構造はpn接合型の発光ダイオードにもなる。発光ダイオードでは、第1、第2電極に電圧を印加することによって、電気エネルギーが光エネルギーに変換される。この発光機構は電界発光(エレクトロルミネッセンス)と呼ばれ、可視から赤外領域の発光波長を有する。

【0036】次にタンデム型の太陽電池の一例を、図9の概略構成図によって説明する。図に示すように、太陽電池4は、図8で説明した太陽電池(3)のシリコン基体21を第1導電型の第1シリコン層71とそれに接合する第2導電型の第2シリコン層72とで構成したものである。また多孔質状シリコン層22は、上記同様に、その上層は第1導電型の第1多孔質層81になっていて、同多孔質状シリコン層22の下層は第1多孔質層81と上記第1シリコン層71とに接合する第2導電型の第2多孔質層82になっている。また、上記第1、第2多孔質層81、82および上記第1、第2シリコン層71、72の各上面には、電極91、92および電極93、94が形成されている。なお、導電型は、上記第1導電型をn型、第2導電型をp型としても、またはその逆にしてもよい。

【0037】上記太陽電池4では、上記多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層に導電型の異なる第1、第2多孔質層81、82を設けたことから、第1、第2多孔質層とでpn接合が形成される。またシリコン基体に導電型の異なる第1、第2シリコン層71、72を設けたことから、第1、第2シリコン層71、72とでpn接合が形成される。したがって、光を受ければ、多孔質状シリコン層22およびシリコン基体21とで光起電力効果によって電圧が発生する。しかも多孔質状シリコン層22で短波長領域の光を吸収し、シリコン基体21で長波長領域の光を吸収する

ので、太陽光は効率よく吸収される。

【0038】

【発明の効果】以上、説明したように本発明の多孔質状シリコンの形成方法は、電解質溶液中にシリコン基体と電極とを対向させて配置し、シリコン基体と電極とに極性の異なる電圧を交互に印加するので、シリコン基体の表面には、フォトルミネッセンス強度が強く、フォトルミネッセンス強度の時間的減衰が小さい多孔質状シリコン層を形成することができる。

【0039】本発明の光半導体装置は、本発明の多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層とその表面に形成した第1電極とでショットキー接合が形成される。または本発明の多孔質状シリコンの形成方法によって形成された多孔質状シリコン層に第1導電型の第1多孔質層とそれに接合する第2導電型の第2多孔質層を形成したのでpn接合が形成される。このため、いずれのものでも、発光ダイオードとして機能させたものでは、発光強度を強くすることができ、時間経過によるフォトルミネッセンス強度の低下を小さくできる。また太陽電池として機能させたものでは、多孔質状シリコン層で短波長領域の光を吸収し、シリコン基体で長波長領域の光を吸収することができるので、光電変換効率の向上を図ることが可能になる。

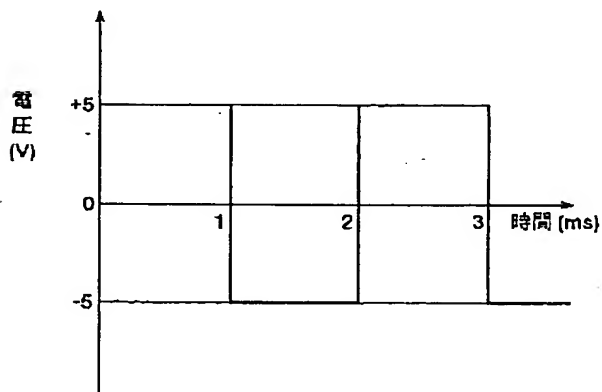
【図面の簡単な説明】

【図1】多孔質状シリコンの形成装置の概略構成図である。

【図2】電圧の印加方法のタイムチャート図である。

【図3】電圧の印加方法のタイムチャート図である。

【図2】



電圧の印加方法のタイムチャート図

【図4】フォトルミネッセンススペクトル図である。

【図5】フォトルミネッセンス強度の時間依存性図である。

【図6】発光ダイオードの概略構成図である。

【図7】太陽電池の概略構成図である。

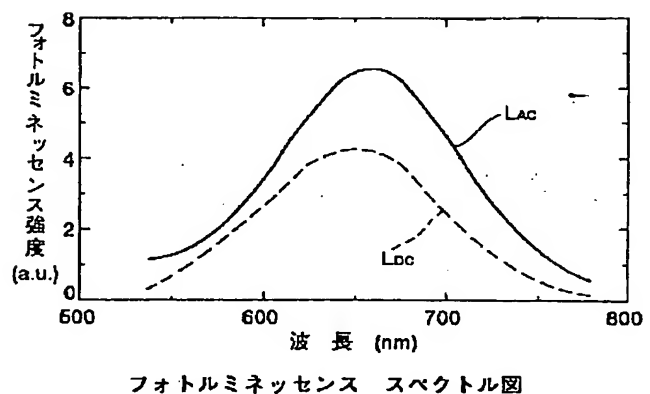
【図8】太陽電池の概略構成図である。

【図9】タンデム型の太陽電池の概略断面図である。

【符号の説明】

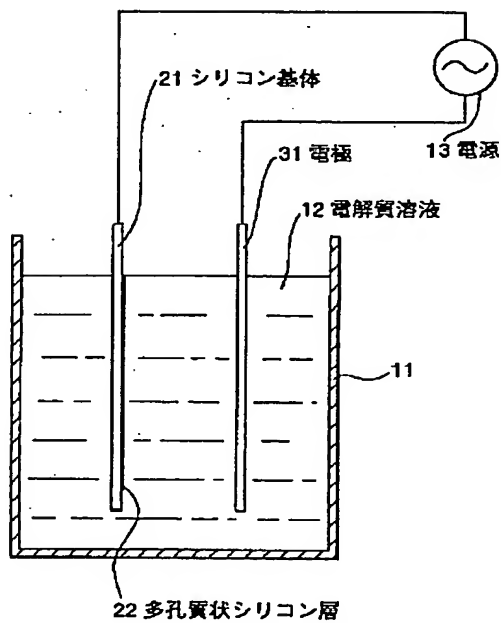
- 1 発光ダイオード
- 2 太陽電池
- 3 太陽電池
- 4 太陽電池
- 12 電解質溶液
- 21 シリコン基体
- 22 多孔質状シリコン層
- 31 電極
- 41 第1電極
- 42 第2電極
- 43 第1電極
- 44 第2電極
- 45 第1電極
- 61 第1多孔質層
- 62 第2多孔質層
- 71 第1シリコン層
- 72 第2シリコン層
- 81 第1多孔質層
- 82 第2多孔質層

【図4】



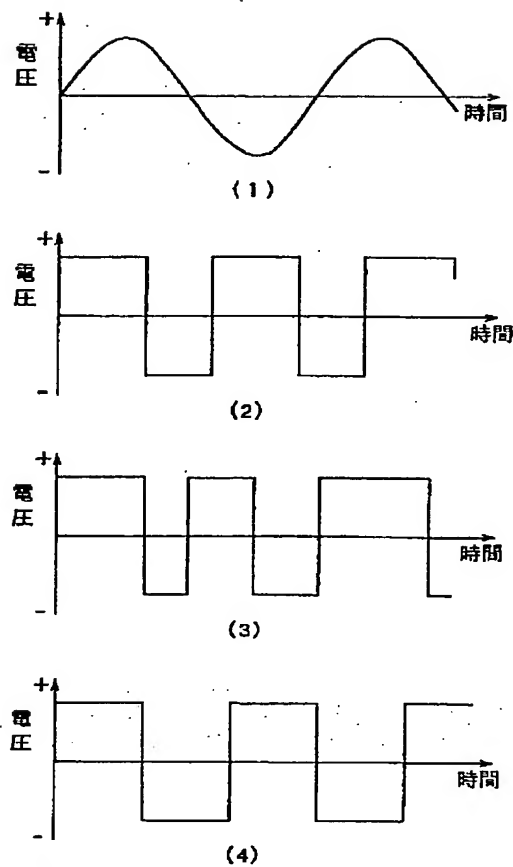
フォトルミネッセンス スペクトル図

【図1】



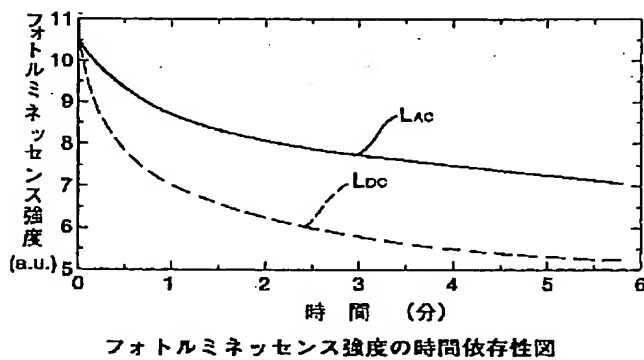
多孔質状シリコンの形成装置の概略構成図

【図3】

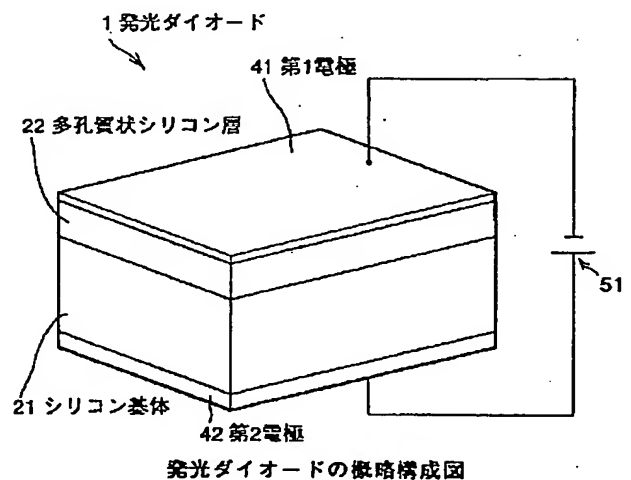


電圧の印加方法のタイムチャート図

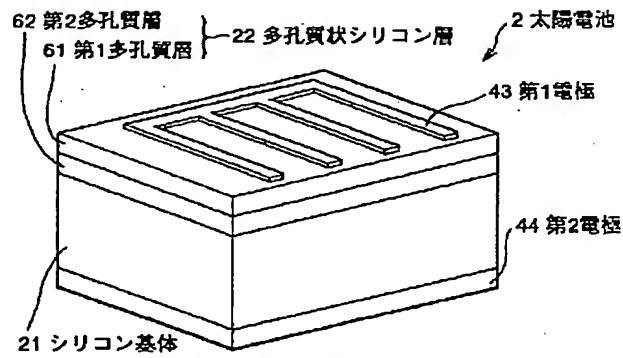
【図5】



【図6】

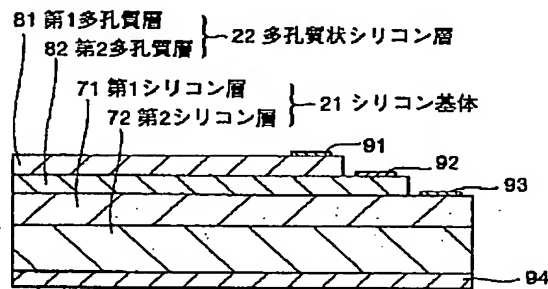


【図7】



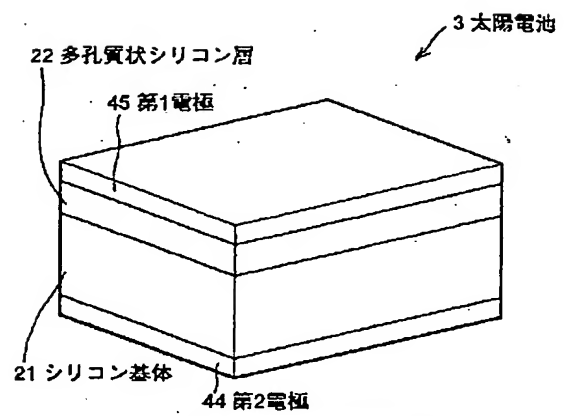
太陽電池の概略構成図

【図9】



タンデム型の太陽電池の概略断面図

【図8】



太陽電池の概略構成図